

## Avaliação das características físicas de substratos formulados com resíduos orgânicos para a produção de mudas florestais em tubetes

### Resumo

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Solos do Campus Universitário de Alta Floresta, pertencente à UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso. Os componentes utilizados na formulação dos substratos testados foram obtidos no município de Alta Floresta - extremo norte do Estado de Mato Grosso. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas de diferentes composições de substratos formulados com resíduos orgânicos para a produção de mudas florestais em tubetes. Foram testadas doze combinações de substratos (tratamentos). As características analisadas foram: densidade global, porosidade total, micro e macroporosidade e capacidade máxima de retenção de água em tubetes de 50 cm<sup>3</sup>. O T6 (70% de esterco bovino curtido e 30% de casca de arroz carbonizada) foi o substrato que apresentou os melhores valores para os parâmetros analisados, podendo ser testado para produção de mudas florestais.

Rubens Marques Rondon Neto<sup>1</sup>, Carolina Bombardelli Ramos<sup>2</sup>

**Palavras-chave:** Substrato; macroporosidade; microporosidade; porosidade total

### Evaluación de las características físicas de los sustratos formulados con los residuos orgánicos para la producción de plántulas forestales en tubetes

### Resumen

El experimento fue desarrollado en el Laboratorio de Suelos de la Ciudad Universitaria de Alta Floresta, pertenecientes a UNEMAT - Universidad de Estado de Mato Grosso. Los componentes utilizados en la formulación de los sustratos utilizados se obtuvieron de la Municipalidad de Alta Floresta - extremo norte de Mato Grosso. El objetivo de este estudio fue evaluar las características físicas de los sustratos de diferentes composiciones formuladas con residuos orgánicos para la producción de plántulas forestales en tubetes. Fueron testadas doce combinaciones de sustrato (tratamientos). Las características analizadas fueron: densidad, porosidad total, micro y macro porosidad y capacidad de retención de agua en los tubetes de 50 cm<sup>3</sup>. El T6 (70% de estiércol de ganadería curado y 30% cáscara de arroz carbonizada) fue el sustrato que mostró los mejores valores de los parámetros analizados, y estos pueden ser testados para la producción de plántulas forestales.

**Palabras clave:** Sustrato; macroporosidad; microporosidad; porosidad total

### Introdução

A principal função do substrato usado na produção de mudas florestais é sustentar a planta e fornecer-lhe nutrientes. Esse composto tem uma fase sólida, constituída de partículas minerais e orgânicas; uma líquida constituída pela água, no qual se encontram nutrientes, denominada solução do solo ou do substrato; e uma gasosa, constituída pelo ar

(GOMES e PAIVA, 2004). Também deve apresentar adequado equilíbrio entre os seus constituintes de forma a promover adequada relação entre macro (ocupada por ar) e microporosidade (ocupada por água) (GONÇALVES e BENEDETTI, 2005).

Nos sistemas de produção de mudas de espécies florestais em tubetes, quer a partir de sementes ou estacas, as características físicas do substrato são fundamentais para um adequado

Recebido em: 29 out. 2009. Aceito para publicação em: 19 jan. 2010.

1 Professor Adjunto do Depto. de Engenharia Florestal da UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Alta Floresta/MT. V. Rogério Silva, s/n - Jd. Flamboyant, CEP: 78580-000, Alta Floresta/MT. E-mail: rubensrondon@yahoo.com.br.

2 Engenharia Florestal, Consultora Autônoma. E-mail: carolinabombardelli@gmail.com.

enraizamento e crescimento das plantas (VALERI e CORRADINI, 2005). As características químicas dos substratos são relativamente fáceis de serem corrigidas com realizações de fertilizações de base e cobertura (GONÇALVES et al., 2005).

Os materiais orgânicos mais utilizados para produção de mudas florestais em tubetes são: compostos orgânicos, esterco de gado curtido, serragem, cama de frango, casca de arroz carbonizada, entre outros. Alguns desses substratos podem ser usados isolados ou em conjunto. Tal prática busca melhorar as características físicas do substrato, diminuindo a densidade, obtendo assim uma melhor drenagem.

Entre as principais limitações na produção de substratos para mudas florestais tem-se a disponibilidade dos materiais em grande escala e o custo de aquisição. Na região do extremo norte mato-grossense predominam as atividades de extração e transformação da madeira de espécies nativas, bovinocultura de corte e agricultura familiar. Essas atividades geram produções consideráveis de resíduos orgânicos acumulados, os quais em sua maioria não têm usos destinados. Tal situação gera poluição no meio rural e urbano, onde são depositados os resíduos.

A necessidade de buscar utilizações dos resíduos orgânicos disponíveis para produção de mudas florestais, primeiramente inicia-se com a avaliação das propriedades físicas dos materiais. Essas análises podem ser feitas apenas de um componente ou a combinação entre eles, a fim de

obter características físicas adequadas. Dentre os principais aspectos físicos a serem considerados nos substratos para produção de mudas florestais tem-se: uniformidade, boa drenagem, capacidade de retenção de água e baixa densidade.

Nesse presente contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar algumas características físicas de diferentes composições de substratos a base de resíduos orgânicos agroindustriais para a produção de mudas florestais em tubetes.

## Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Solos do *Campus* Universitário de Alta Floresta, pertencente à UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso. Os componentes utilizados na formulação dos substratos testados foram obtidos no município de Alta Floresta – extremo norte do Estado de Mato Grosso.

Foram testados doze composições de substratos variando-se as proporções, para os seguintes componentes: esterco bovino curtido, cama de frango curtida, serragem decomposta, casca de café decomposta, casca de arroz carbonizada e moinha de carvão (Tabela 1). Os substratos de cada tratamento foram misturados manualmente conforme suas proporções. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições.

Baseando-se nas recomendações de GONÇALVES e POGGIANI (1996), as

**Tabela 1.** Proporção de materiais utilizados na formulação de 12 substratos para produção de mudas florestais em tubetes.

Tratamento	SD	EB	CF	CCF	CAC	MC
T1	30%	50%	--	--	20%	--
T2	50%	--	30%	--	20%	--
T3	70%	--	--	20%	--	10%
T4	--	30%	40%	30%	--	--
T5	--	50%	--	30%	--	20%
T6	--	70%	--	--	30%	--
T7	--	20%	30%	30%	20%	--
T8	--	--	50%	40%	--	10%
T9	--	--	70%	20%	--	10%
T10	--	30%	30%	30%	10%	--
T11	--	--	30%	50%	--	20%
T12	--	30%	--	70%	--	--

Sendo: SD = serragem decomposta; EB = esterco bovino curtido; CF = cama de frango curtida; CCF = casca de café decomposta; CAC = casca de arroz carbonizada; MC = moinha de carvão.

características dos substratos analisados foram: densidade global, porosidade total, macroporosidade e microporosidade e capacidade máxima de retenção de água. A determinação dessas características foi realizada conforme metodologia proposta por EMBRAPA (1997), exceto a capacidade máxima de retenção de água nos tubetes de 50 cm<sup>3</sup>.

A determinação da densidade global dos doze substratos testados procedeu da seguinte forma: anéis volumétricos de 102 cm<sup>3</sup>, totalmente cheios de substrato, tiveram a base fechada com tecido do tipo morim, preso por um elástico, os quais foram colocados em estufa à 105 °C por 24 horas, a fim de se obter a massa seca. A determinação da densidade foi obtida pela seguinte fórmula:

$$D = \text{Massa seca} / \text{Volume do anel}$$

Para determinação da porosidade total, macro e microporosidade foram utilizados quatro amostras de cada substrato testado (tratamento). Os anéis preenchidos com substrato foram colocados em uma bandeja plástica com água destilada até na metade dos anéis, permanecendo por 24 horas para saturação. Após esse período os anéis foram pesados e colocados na mesa de tensão durante 24 horas, a qual apresentava 0,006 MPa de tensão. Depois da retirada dos anéis da mesa de tensão foi realizada a pesagem dos mesmos. Através das fórmulas abaixo foram determinados os valores da porosidade total, macro e microporosidade:

*Porcentagem de saturação (PS)*

$$PS = (a - b) \times 100 / c$$

Sendo:

*a* = Peso do bloco de substrato saturado;

*b* = Peso do bloco de substrato seco a 105 °C;

*c* = Volume do cilindro (anel).

**Microporosidade (Micp)**

$$\text{Micp} = (a - b) \times 100 / c$$

Sendo:

*a* = Peso da amostra após ser submetida a uma tensão de 0,006 MPa (60 cm de coluna de água);

*b* = Peso da amostra seca a 105 °C;

*c* = Volume do cilindro.

**Macroporosidade (Macp)**

$$\text{Macp} = PS - \text{Micp}$$

**Porosidade total (Pt)**

$$Pt = \text{Micp} + \text{Macp}$$

A capacidade máxima de retenção de água nos tubetes de 50 cm<sup>3</sup> foi obtida com a adição de água nos tubetes, preenchidos com cada substrato formulado, até iniciar o gotejamento, ou seja, até a capacidade de campo, determinando assim a quantidade de água retida nos tubetes.

Os dados sem transformação das características físicas analisadas foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas o teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Essas análises foram realizadas com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2003).

## Resultados e discussão

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das características físicas dos 12 substratos testados. Os dados obtidos o presente trabalho foram comparados com a classificação proposta por GONÇALVES e POGGIANI (1996), os quais colocam escala de valores para interpretação das características físicas dos substratos (Tabela 3).

De acordo com a classificação supracitada, nenhum tratamento avaliado apresentou densidade classificada como adequada ou alta, a qual variou entre 0,23 a 0,40 g cm<sup>-3</sup>, sendo semelhante aos valores de densidade encontrados por WENDLING et al. (2007) em quatorze substratos testados. Entre os tratamentos T1 até o T11 os valores da densidade foram considerados médios, dentre esses os T1 e T2 tiveram valores próximos do nível adequado, apenas o T12 teve densidade baixa. Acredita-se que o aumento da densidade do T2 esteja relacionado com a proporção de serragem (50%) combinada com cama de frango (30%), sendo que a serragem apresenta granulometria muito fina diminuindo os espaços porosos. O predomínio de tratamentos com densidades médias possivelmente seja devido ao uso de grandes proporções na mistura do substrato de

**Tabela 2.** Características físicas de doze substratos formulados com resíduos orgânicos para produção de mudas florestais em tubetes.

Tratamento	Densidade global(g cm <sup>-3</sup> )	Porosidade total (%)	Microporosidade (%)	Macroporosidade (%)	Capacidade máxima de retenção de água (ml 50 cm <sup>-3</sup> )
T1	0,38 b (M)	60,2 d (M)	45,0 b (Ad)	15,5 e (M)	15,0 a (M)
T2	0,40 a (M)	51,0 f (B)	39,5 d (M)	11,0 f (B)	14,1 b (B)
T3	0,31 d (M)	39,5 g (B)	33,7 e (M)	6,0 g (B)	6,0 f (B)
T4	0,35 c (M)	65,5 c (M)	45,0 b (Ad)	20,5 c (M)	12,0 c (B)
T5	0,30 d (M)	68,7 b (M)	48,2 a (Ad)	20,5 c (M)	14,0 b (B)
T6	0,32 d (M)	72,7 a (M)	49,7 a (Ad)	22,5 c (M)	15,1 a (M)
T7	0,28 e (M)	64,7 c (M)	40,5 c (M)	24,2 b (M)	14,1 b (B)
T8	0,31 d (M)	57,2 e (M)	39,2 d (M)	17,7 d (B)	9,0 e (B)
T9	0,34 c (M)	58,2 e (M)	42,0 c (M)	16,0 e (B)	10,0 d (B)
T10	0,30 e (M)	68,2 b (M)	44,5 b (M)	23,5 b (M)	14,2 b (B)
T11	0,28 e (M)	60,0 d (M)	38,5 d (M)	21,5 c (M)	12,0 c (B)
T12	0,23 f (B)	66,7 c (M)	38,5 d (M)	28,2 a (M)	14,8 a (B)
CV (%)	4,0	3,0	4,0	7,0	2,0

- Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferiram entre si estatisticamente pelo teste de Scott-Knott á 5% de probabilidade.

- As letras entre parênteses referem-se à classificação da qualidade das características físicas do substrato, conforme proposta de GONÇALVES e POGGLANI (1996), sendo: B = baixo, M = médio, Al = alto e Ad = Adequado.

**Tabela 3.** Escala de valores para interpretação de características físicas de substratos usados para produção de mudas florestais no sistema de tubetes.

Características	Nível			
	Baixo	Médio	Alto	Adequado
Densidade global (g cm <sup>-3</sup> )	< 0,25	0,25-0,50	> 0,50	0,45-0,55
Porosidade total (%)	< 55	55-75	> 75	75-85
- Macroporosidade (%)	< 20	20-40	> 40	35-45
- Microporosidade (%)	< 25	25-50	> 50	45-55
Capacidade máxima de retenção de água (ml 50 cm <sup>-3</sup> )	< 15	15-25	> 25	20-30

Fonte: GONÇALVES e POGGLANI (1996).

materiais orgânicos de baixa densidade.

O T2 apresentou o maior valor de densidade global (0,40 g cm<sup>-3</sup>), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, já os tratamentos T7, T10 e T11 não mostraram diferenças estatísticas entre si para os valores de densidade, os quais tinham 0,28 e 0,30 g cm<sup>-3</sup>, ou seja, as menores densidades juntamente com T12 (0,23 g cm<sup>-3</sup>).

Quanto à porosidade total dos substratos testados, T2 e T3 foram classificados como baixa porosidade, o que pode ser atribuído a presença de 50 e 70% de serragem, respectivamente. Com porosidade total considerada média observou-se, T1 e T4 até o T12, os quais eram compostos por proporções variando entre 30 a 50% de cama de frango, esterco bovino e casca de café. Próximos do nível adequado

para porosidade total destacaram T5, T6 e T10, possivelmente devido à utilização de compostos orgânicos com materiais porosos na composição do substrato como a casca de arroz carbonizada e moinha de carvão. LACERDA et al. (2006) também encontraram maiores porosidades em substratos orgânicos a base de pó de coco e resíduo de sisal.

Nos tratamentos avaliados os valores da porosidade total variaram entre 39,5 a 72,7%, tendo T6 (72,7%) com o maior valor obtido, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Os tratamentos que tiveram menores valores de porosidade total foram T2 (51%) e T3 (39,5%), os quais apresentaram diferenças estatísticas entre si.

No que se refere à microporosidade dos substratos testados, os tratamentos T2, T3, T7, T8,

T9, T10, T11 e T12 apresentaram microporosidade média. Já T1, T4, T5 e T6 tiveram os valores de microporosidade classificados como adequados, o que deixa como suspeita de tal fato a ocorrência de esterco bovino curtido na proporção de 30 a 70% na composição desses substratos. O menor valor de microporosidade foi encontrado no T3, podendo ser motivado pela considerável concentração de serragem (70%), o que confere a esse substrato baixa capacidade de retenção de água. Tal fato é contrário a BURÉS (1997), o qual comenta que substratos com alto percentual de serragem podem apresentar problemas de retenção excessiva de umidade, recomendando para aumentar a drenagem e reduzir o acúmulo de água com a realização de misturas com materiais de maior granulometria e menor capacidade de retenção de água. Os valores de microporosidade dos substratos testados variam entre 33,7 e 49,7%, sendo que os maiores valores foram obtidos nos tratamentos T5 (48,2%) e T6 (49,7%), os quais não tiveram diferenças estatísticas entre si. A menor microporosidade ocorreu no T3 (33,7%).

Para a macroporosidade dos substratos avaliados, sete tratamentos apresentaram valores classificados como médios (T4, T5, T6, T7, T10, T11 e T12). Essa situação provavelmente foi motivada pela presença da casca de café, cama de frango e casca de arroz carbonizada, presentes em 6, 4 e 3 substratos testados, respectivamente. Segundo VALERI e CORRADINI (2005) a casca de arroz carbonizada aumenta a porosidade dos substratos. Valores de macroporosidade classificados como baixos foram verificados em T1, T2, T3, T8 e T9, o que pode ser atribuído a utilização da serragem nos três primeiros tratamentos e moinha de carvão nos dois últimos tratamentos.

De acordo com BURÉS (1997) o principal problema do uso da serragem com elevada quantidade de partículas finas é o risco de compactação que reduz a aeração, podendo ocorrer processos anaeróbios de fermentação, gerando ácidos orgânicos que interferem no crescimento de raízes. A variação dos valores de macroporosidade dos tratamentos analisados foi de 6,0 a 28,2% para os tratamentos T3 e T12, respectivamente. Os tratamentos T8 (17,7%), T2 (11%) e T3 (6%) apresentaram os três valores mais

baixos de macroporosidade.

Quanto à capacidade máxima de retenção de água, observaram-se valores baixos para os tratamentos: T2, T3, T4, T5, T7, T8, T9, T10, T11 e T12, e valores médios para T1 e T6. A atribuição de valores baixos aos substratos testados, possivelmente foi em função de serem compostos por serragem, nos dois primeiros e cama de frango nos demais. Para os valores médios, acredita-se que seja participação de esterco bovino na composição do substrato. Os tratamentos que apresentaram os três menores valores foram T3 (6 ml 50 cm<sup>-3</sup>), T8 (9 ml 50 cm<sup>-3</sup>) e T9 (10 ml 50 cm<sup>-3</sup>), diferindo estatisticamente um do outro e os tratamentos com maiores valores, não diferindo entre si, foram T1 (15 ml 50 cm<sup>-3</sup>), T6 (15,1 ml 50 cm<sup>-3</sup>) e T12 (14,8 ml 50 cm<sup>-3</sup>).

Pressupondo-se que o substrato ideal para a produção de mudas florestais em tubetes deve apresentar adequado equilíbrio entre os seus constituintes, a fim de proporcionar adequada relação entre macro e microporosidade, no tratamento T6, os valores das características físicas analisadas foram as que se apresentaram mais equilibradas, entre os níveis médios e adequados. Em menor expressão que o T6 tem-se T5, T10 e T12 que também tiveram destaque quanto aos valores dos parâmetros físicos avaliados. Sugere-se que a presença da casca de arroz carbonizada pode ter contribuído para o equilíbrio entre macro e microporosidade no T6. Deve-se levar em consideração, além das características físicas desejáveis, a disponibilidade do material utilizado e a facilidade de preparo do substrato. Os tratamentos T5, T10 e T12 foram considerados bons para utilização como substrato, pois além de apresentarem as melhores características físicas são compostos por dois materiais facilmente encontrados na região do extremo norte do Estado de Mato Grosso.

## Conclusão

Os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores indesejáveis para as características físicas analisadas, portando não sendo recomendados para utilização como substrato para produção de mudas. O tratamento T6 apresentou os melhores valores de porosidade total, microporosidade e capacidade

máxima de retenção de água, sendo este o melhor tratamento, recomendado para produção de mudas florestais em tubetes.

## **Referências**

Apresentadas no final da [versão em inglês](#).